1. Thin Ship 理論による造波特性の計算プログラム

推進性能部　足　達　宏　之

1. プログラムの目的および概要

船体設計の初期の段階で計画している船の造波特性を簡便に知りたい時がある。そして船の水線形状が多項式で近似されているとする。このような時に，このプログラムは考えている船の造波特性の推定計算を行うことができる。

このプログラムは，多項式で与えられた船体形状，船速等を入力し，船体周辺任意の点での造波特性（ポテンシャルの値等），波高，速度分布を計算し出力する。

2. プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

Thin Ship Theory による造波特性の計算プログラム

2.2　製作者

推進性能部　足達宏之

2.3　製作年月

昭和51年1月

2.4　計算の概要

船体を表わす Source 特異点分布が次のように与えられているとする。座標軸は図—1のようにとる。

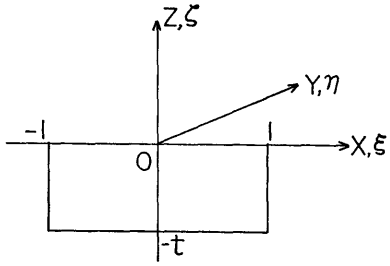


図-1

$$\sigma(\xi,\ \zeta)=\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M} a_{nm}\xi|\xi|^{n-1}\zeta^m \qquad \cdots\cdots(1)$$

$$-l\leq\xi\leq l,\ -t\leq\zeta\leq 0$$

このときは造波特性は次式

$$F(x,\ y,\ z)=Re\frac{1}{2\pi^2}\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M} a_{nm}$$

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\theta\, f(\theta,\ \nu)k_{nm}(x,\ y,\ z\,;\ l,\ t\,;\ \nu,\ \theta) \qquad \cdots\cdots(2)$$

で計算される。ここで $f(\theta,\ \nu)$ は与えられた関数であり，また，$\nu=g/U^2$ は船速 U と重力加速度 g より定まるパラメーターである。(2)式内の核関数は次式で定義される。

$$k_{nm}((x,\ y,\ z\,;\ l,\ t\,;\ \nu,\ \theta)=\int_{-t}^{0} d\zeta\zeta^m\int_{-l}^{l} d\xi\xi|\xi|^{n-1}\int_0^\infty dk\frac{ke^{k\{(z+\zeta)+i(x-\xi)\cos\theta+iy\sin\theta\}}}{k-\nu\sec^2\theta} \qquad \cdots\cdots(3)$$

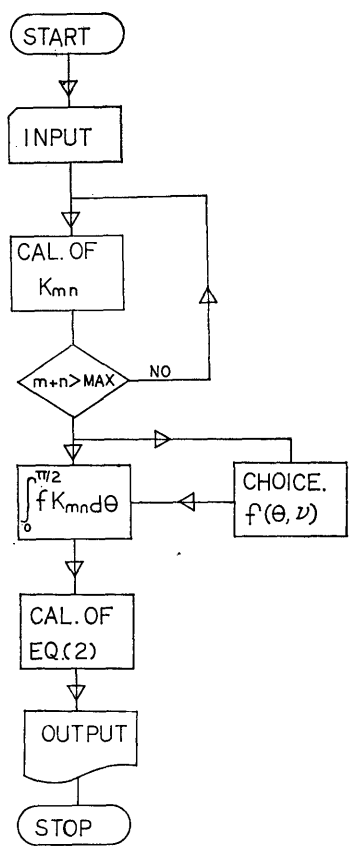


図-2

この式は3重積分の形をしているが，ξ と ζ に関する積分が行われ簡単な形になる。θ をパラメーターとして(3)が計算され，(2)式によって $f(\theta, \nu)$ の形に従い様々な造波特性を計算する。参考文献[1]に上記の式の変形，$f(\theta, \nu)$ と造波特性との対応等が詳述されている。

2.5 計算の手順

計算手順は，図－2フローチャートの示すごとくである。

2.6 計算機種および制限事項

TOSBAC 5600用でありメモリー20kW以下，出力はＬＰである。

3. プログラムの応用

船の造波特性の計算用プログラムであるので，これにより計算される諸特性は，船の周りの流場を推定するのに利用される。また，諸特性の中で波高を計算する部分は航走波計算プログラム[2]（船研 TOSBAC 5600用にコンバート済）の中の波高計算 Subroutine とすることが可能である。

4. あとがき

このプログラムは薄い船の仮定による計算に基づくものである。一般に船はそれほど薄くないので，通常の船に対し造波特性計算が可能であれば便利である。このプログラムの基本的アイディアと Hess & Smith プログラム[3]（任意船型の特異点分布を船体表面上に切った Element 上で求めるプログラム）を結びつけるプログラムの開発が必要であり，その作業が進められている。

参考文献

1) 足達宏之“造波特性の計算法”第26回船研講演会概要1975年12月
2) 航走波計算プログラム取扱説明書，日本海難防止協会 1976年2月
3) 非揚力体の Potential 流場計算プログラム—Hess & Smith program S. R. I version の使用例について，推進性能部資料 1976年10月

2. 変分法による造波抵抗極小の特異点分布の計算プログラム

（その2——船体後半部の形状を考慮して——）

推進性能部 山 口 眞 裕

1. プログラムの目的および概要

本プログラムは前報のプログラム[1]を修正しかつ拡張したもので，「特異点分布による造波抵抗係数の中間積分表の計算プログラム」等によって出力される結果を使用して，船型の幾何条件を束縛条件として造波抵抗の極小となる特異点分布を求めるものである。前報のプログラムと異なる点は，前報では船型が前後対称となる特異点分布を求めていたのに対して，本プログラムは船体後半部等を表わす特異点分布を前もって与えて，船体前半部の特異点分布を求める点である。なお，本プログラムは船型設計に利用する「船型計画法システム」の一部となる予定である。

2. プログラムの内容

2.1 プログラムの名称

変分法による造波抵抗極小の特異点分布の計算プログラム

Calculation of Optimum Source Distribution by Variational Method for Fore Body

2.2 製作者

推進性能部 山口眞裕

2.3 製作年月

昭和48年10月

2.4 計算の概要

前報の「特異点分布による造波抵抗の中間積分表の計算プログラム」[1]の出力結果と抵抗の Cosine 成分の出力結果をパーマネント・ファイルから呼び出して，船体後半部等の形状を示す特異点分布および求める船体前半部の幾何的条件をあらかじめ与えておき，全体の造波抵抗が極小となるような船体前半部の特異点を変分法によって求める。さらにその結果からそのときの造波抵抗を算出する。

2.5 計算の手順

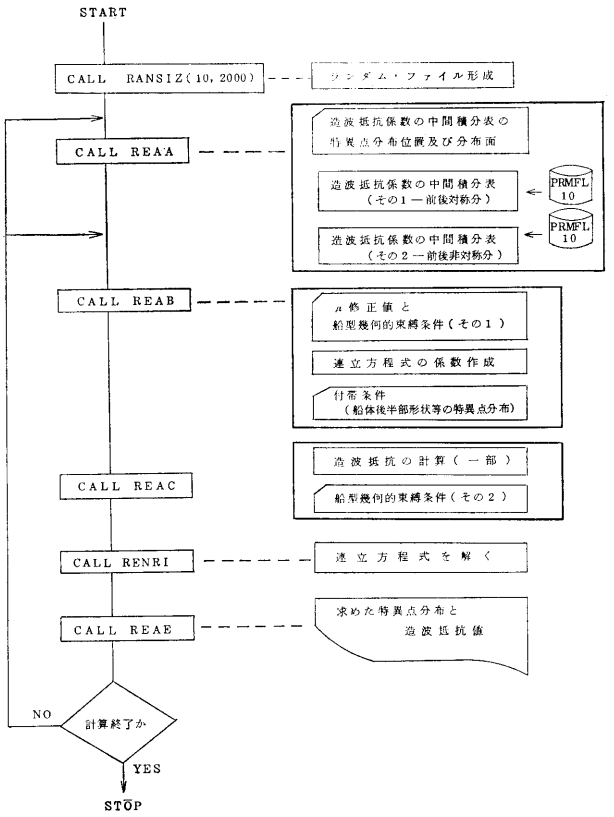


図-1

計算の手順は図—1に示す。

2.6 計算機種および制限事項

このプログラムは FACOM 270—20 用に製作し TOSBAC—5600 用に変更したものである。従てカードの読みこみの機番は04である。造波抵抗係数の中間積分表用はパーマネント・ファイルにランダムファイルに記憶されており，そのファイルを機番10で呼び出して計算を行う。使用メモリー数は22K語である。

3. プログラムの応用

3.1 使用法

パーマネント・ファイルに収められているソース・プログラムを呼び出して，データ・カードの分を交換して計算を行う。（コントロール・カードについてはマニュアル[2]を参照されたい。）

3.2 使用例

この出力例についてはマニュアルを参照されたい。

3.3 その他

このプログラムを利用する前に造波抵抗係数の中間積分表作成のプログラムを流して，中間積分表をパーマネント・ファイルにランダムファイルで記録しておくこと。

4. あとがき

このプログラムは「船型計画法システム」の第2段階のものであるが，一般利用者にとって入力データがやや複雑で利用しにくいので，将来手直しする予定である。

参考文献

1) 船舶技術研究所で開発された電子計算機プログラムの概要——第3集——，船舶技術研究所報告，第11巻第1号，昭和49年1月。
2) 計算センターユーザーズマニュアル「変分法による造波抵抗極小の特異点分布の計算プログラム（その2——船体後半部を考慮して——）」。

3. 浅水における二次元動揺流体力の計算プログラム

運動性能部　菅　　信

1. プログラムの目的および概要

一定水深の平水中に浮かぶ二次元物体が，上下揺，左右揺，横揺の各調和振動をしているときの造波ポテンシャル流場を，物体表面上の速度ポテンシャルに関する積分方程式を数値的に解くことによって求め，物体表面上の変動圧力分布，物体の附加質量係数と減衰力係数，発散波の振幅比等を計算するためのプログラムである。

2. プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

二次元浅水動揺流体力の計算プログラム

Hydrodynamical Forces on an Oscillating Cylinder in Shallow Water

2.2　製作者

運動性能部　菅　信

2.3　製作年月

昭和50年7月製作，昭和51年7月 $K\to 0$, $K\to\infty$ に拡張

2.4　計算の概要

座標系を図―1のようにとり，速度ポテンシャルの物体表面上における値を $\Phi(\theta)e^{i\nu t}=\{\Phi_r(\theta)+i\Phi_i(\theta)\}e^{i\nu t}$ の実数部で表わすことにすると，$\Phi(\theta)$ を決める積分方程式は次のように書ける。

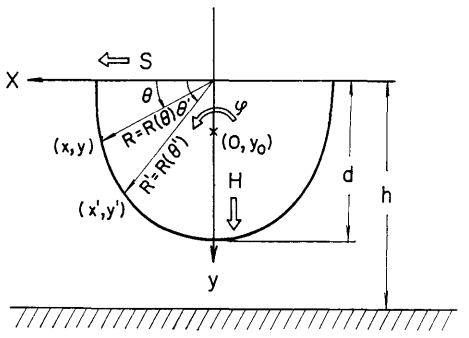


図-1

$$\left.\begin{aligned}
&\Phi_r(\theta)+\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi/2}\{\Phi_r(\theta')K_r(\theta,\ \theta')\\
&\quad-\Phi_i(\theta')K_i(\theta,\ \theta')\}R(\theta')d\theta'=\frac{1}{\pi}\\
&\int_0^{\pi/2}V_n(\theta')A_r(\theta,\ \theta')R(\theta')d\theta'\\
&\Phi_i(\theta)+\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi/2}\{\Phi_r(\theta')K_i(\theta,\ \theta')\\
&\quad+\Phi_i(\theta')K_r(\theta,\ \theta')\}R(\theta')d\theta'=\frac{1}{\pi}\\
&\int_0^{\pi/2}V_n(\theta')A_i(\theta,\ \theta')R(\theta')d\theta'
\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(1)$$

但し

$A_{r,i}(\theta,\ \theta')=G_{r,i}(\theta,\ \theta')\pm G_{r,i}(\theta,\ \pi-\theta')$,

$K_{r,i}(\theta,\ \theta')=H_{r,i}(\theta,\ \theta')\pm H_{r,i}(\theta,\ \pi-\theta')$

であり，複号は上下揺のとき正をとり，左右揺，横揺のとき負をとる。また物体は y 軸に関して左右対称とする。ここで

$$H_{r,i}\left(\theta,\ \begin{matrix}\theta'\\ \pi-\theta'\end{matrix}\right)=l'\frac{\partial}{\partial x'}G_{r,i}(x,\ y\ ;\ \pm x',\ y')+m'\frac{\partial}{\partial y'}G_{r,i}(x,\ y\ ;\ \pm x',\ y')$$

であるが，

$$\frac{\partial}{\partial x'}G_r(x,\ y\ ;\ \pm x',\ y')$$

等は $\partial G(x,\ y\ ;\ x',\ y')/\partial x'|_{x'=\pm x'}$ 等の意味である。また　$l'=\cos\theta'+\sin\theta'\cdot R'_{\theta'}/R'$,　$m'=\sin\theta'-\cos\theta'\cdot R'_{\theta'}/R'$,　$R'=R(\theta')$,　$R'_{\theta'}=dR(\theta')/d\theta'$,　$x=R\cos\theta$,　$y=R\sin\theta$,　$x'=R'\cos\theta'$,　$y'=R'\sin\theta'$ および　$V_n(\theta')=m'$（上下揺），l'（左右揺），$m'x'-l'(y'-y_0)$（横揺，y_0 は横揺中心）である。Green 函数は Wehausen の表示式を使い

$$\left.\begin{aligned}
&G(x,\ y\ ;\ x',\ y')=G_r(x,\ y\ ;\ x',\ y')\\
&\quad+iG_i(x,\ y\ ;\ x',\ y')=\ln r_0/h+\ln r_2/h\\
&-2\int_0^{\infty}\left\{\frac{k+K}{k}\cdot\frac{e^{-kh}\cosh k(h-y)\cdot\cosh k(h-y')\cos k(x-x')}{k\sinh kh-K\cosh kh}\right.\\
&\qquad\left.+\frac{e^{-kh}}{k}\right\}dk\\
&+i2\pi\frac{K_0+K}{K_0}\cdot\frac{e^{-k_0h}\sinh K_0h\cdot\cosh K_0(h-y)\cdot\cosh K_0(h-y')\cdot\cos K_0(x-x')}{Kh+\sinh^2 K_0h}
\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(2)$$

である。ここで

$$K-K_0\tanh K_0h,\quad K-\frac{\nu^2}{g}\cdot\frac{B}{2},$$

$$r_0=\{(x-x')^2+(y-y')^2\}^{1/2},$$

$$r_2=\{(x-x')^2+(y+y'-2h)^2\}^{1/2}$$

である。また長さの次元を持つ量はすべて物体の半幅 $B/2=R(0)$ で割って無次元化し，Φ は $\nu\bar{\delta}\cdot B/2$ ($\bar{\delta}$ は振動の線変位の振幅) で割って無次元化してあるものとする。

積分方程式(1)の数値解は，$\theta=0\sim\pi/2$ を M 等分し，数値積分公式として Simpson の公式を使って，$2(M+1)$ 元の連立一次方程式に直して求める。係数行列の計算で必要な Green 函数 G および $\partial G/\partial x$, $\partial G/\partial y$ の数値計算は主として(2)で表わされるような積分を $k=0\sim2K_0$ と $k=2K_0\sim\infty$ に分けて，前者については特異性を差し引いたものについて数値積分する方法をとっている。また $|x-x'|$ が大きいときは次の級数表示式(3)を使って計算時間を節約している。

$$\left.\begin{aligned}&G(x,\ y\ ;x',\ y')\\&=i\frac{2\pi}{K_0}\cdot\frac{K_0^2-K^2}{hK_0^2-hK^2+K}\cosh K_0(h-y)\cdot\cosh K_0(h-y')\cdot e^{-iK_0|x-x'|}\\&-\sum_{k=1}^{\infty}\frac{2\pi}{m_k}\cdot\frac{m_k^2+K^2}{hm_k^2+hK^2-K}\cos m_k(h-y)\cdot\cos m_k(h-y')e^{-m_k|x-x'|}\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(3)$$

但し $K=-m_k\tan m_kh$

また，積分方程式(1)の核函数に含まれるようにみえる特異性については，実は特異性は存在しないことを明らかにして数値計算上も厳密に処理してある。また(1)の右辺の積分に含まれる対数特異性など，数値計算の実行上問題となる特異性については，これを詳細に解析して，特異性の性質を調べ，数値計算上も厳密に処理してある。詳細は参考文献１）を参照されたい。

連立方程式を解いて，物体表面上の速度ポテンシャルの値 $\Phi(\theta)$ が求まると，変動圧力 $R_e(Pe^{i\nu t})$ は $P/\rho g\bar{\delta}=K\Phi_i-i(K\Phi_r+\overline{P}_s)=C_pe^{i\varepsilon}$ で計算できる。但し，$\overline{P}_s$ は静水圧の変動の振幅を表わすもので $\overline{P}_s=1$ (上下揺)，$\overline{P}_s=0$ (左右揺)，$\overline{P}_s=x$ (横揺) である。

また，附加質量係数 $C_{H,S}$，減衰係数 $D_{H,S}$，発散波振幅比 $\overline{A}_{H,S}$ はそれぞれ次の式で表わされる。

$$C_{H,S}=-\frac{2}{A}\int_0^{\pi/2}\Phi_r(\theta')V_n(\theta')R(\theta')d\theta'$$

$$D_{H,S}=-\frac{2}{A}\sqrt{K}\int_0^{\pi/2}\Phi_i(\theta')V_n(\theta')R(\theta')d\theta'$$

$$A_{H,S}=\{K^{3/2}A\cdot F(K_0h)\cdot D_{H,S}\}^{1/2}$$

但し $F(K_0h)=(1+\cosh2K_0h)/(2K_0h+\sinh2K_0h)$，$A$ は柱体の水面下の部分の断面積。これらの数値積分には Simpson の公式を使ってある。

なお，$K\to\infty$ の場合には，Green 函数(1)または(3)の代わりに

$$\begin{aligned}G(x,\ y\ ;x',\ y')=&\frac{1}{2}\ln\left\{\cosh\frac{\pi}{2h}(x-x')-\cos\frac{\pi}{2h}(y-y')\right\}\\&+\frac{1}{2}\ln\left\{\cosh\frac{\pi}{2h}(x-x')+\cos\frac{\pi}{2h}(y+y')\right\}\\&-\frac{1}{2}\ln\left\{\cosh\frac{\pi}{2h}(x-x')-\cos\frac{\pi}{2h}(y+y')\right\}\\&-\frac{1}{2}\ln\left\{\cosh\frac{\pi}{2h}(x-x')+\cos\frac{\pi}{2h}(y-y')\right\}\end{aligned}$$

を使い，また $K\to0$ の場合には

$$\begin{aligned}G(x,\ y\ ;x',\ y')=&\frac{1}{2}\ln\left\{\cosh\frac{\pi}{h}(x-x')-\cos\frac{\pi}{h}(y-y')\right\}\\&+\frac{1}{2}\ln\left\{\cosh\frac{\pi}{h}(x-x')-\cos\frac{\pi}{h}(y+y')\right\}+\ln2-\frac{\pi}{h}\end{aligned}$$

を使って，全く同じプログラムで，変動圧力分布，附加質量係数，減衰係数が計算できるようになっている[2]。なお，$K\to0$ のときの減衰係数 $D_{H,S}$ は

$$D_{H,S}=\frac{1}{2A\sqrt{h}}\left\{2\int_0^{\pi/2}V_n(\theta),\ R(\theta)d\theta\right\}^2$$

$$=\frac{2}{A\sqrt{h}}\ (\text{上下揺}),\quad 0\ (\text{左右揺，横揺})$$

で表わされる。

2.5　計算の手順

計算の手順は図—２のフローチャートに示す通りである。

2.6　計算機種および制限事項

このプログラムは計算センターの TOSBAC—5600 用に製作したものである。システムに組み込まれている積分指数函数，積分正弦函数，積分余弦函数ならびに Simpson 積分のサブルーチンを使用しているので，それらの名前と呼び出しに注意すれば他機種への移行

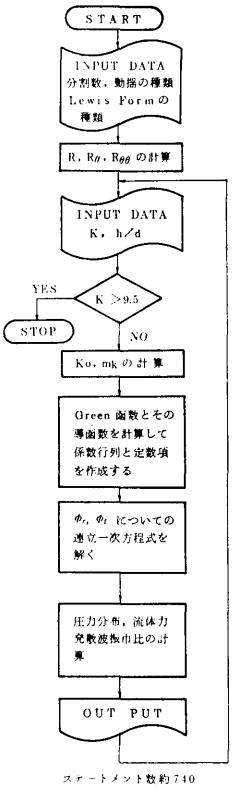


図-2

に困難はないと思われる。使用メモリー数は約40kWである。

3. プログラムの応用

規則的な浅水波中に固定して置かれた物体まわりの流れ場を解く，いわゆる Diffraction 問題を扱うプログラムに拡張することは容易である。その上で，ストリップ法の運動計算プログラムと組み合わせて浅水域での船体運動等を計算するために応用できる。

水底に一部平坦でない部分がある場合を扱えるようにこのプログラムを拡張することも可能である。

このプログラムは，一応 Lewis From について計算するように作成してあるが，物体の形状を表わす入力データがあれば，それらを読み込ませて，比較的任意な形状の物体でも計算できるように手直しすることは容易である。

4. あとがき

浅水での二次元動揺流体力の計算は，すでに Yu-Ursell 両氏および C. H. Kim 氏により行われていたが，筆者の今回開発したプログラムによる詳細な計算の結果，上記両者の計算結果の誤りが明らかになった。筆者のプログラム開発に先立ち，或はほぼ同時期に，ハンブルグ大学の H. Keil 氏，九州大学応用力学研究所の高木幹雄氏，川崎重工技術研究所の池淵哲朗氏によりそれぞれ独立に異なる方法で表題の問題を計算する作業が進められていたが，公表された計算結果を詳細に検討し，また $K\to 0$ での極限値の計算結果との比較などから判断して，筆者の計算プログラムの計算精度は K，h/d の広い範囲にわたって最も信頼できるものと考えられる。しかし，高木氏の方法は，流れ函数を使う積分方程式法であり，任意形状の物体の計算が容易であるという利点を持つ。また池淵氏の方法は速度ポテンシャルを使って吹出し分布の強さを積分方程式で求めるものであるが級数表示の Green 函数(3)の計算で収束を速める巧みな工夫がしてある。

筆者の方法では，特異性の処理を厳密に行っているため，速度ポテンシャル等の物体表面上での連続分布が可能であるが，高木氏，池淵氏の方法では階段状分布としていることも精度上の差が出る原因の一つではないかと思われる。

参考文献

1) 菅信，浅水における二次元動揺流体力の計算，第26回船研研究発表会講演集，1975. 12
2) 菅信，$K\to 0$ および $K\to\infty$ での二次元浅水動揺の附加質量の計算，第28回船研研究発表会講演集，1976. 12

4. 没水円柱の動揺初期における造波現象の計算プログラム

運動性能部　大　松　重　雄

1. プログラムの目的および概要

水中に水平に置かれた無限に長い円柱が，その軸に垂直な方向に動揺し始めた場合の円柱まわりの2次元的な過渡流場を解く。この場合のポテンシャル流場は物体表面上の特異点分布で表わされる。そして，この特異点の強さを定めるには，時間に関してはVolterra型，場所に関しては Fredholm 型の積分方程式を解くことになる。解いて得た速度ポテンシャルから，Bernoulli の定理を使って物体表面上の圧力分布，物体に働く力，自由表面上昇量が計算できる。

2. プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

没水円柱の動揺初期における造波現象の計算プログラム

Arbitrary Motion of Submerged Circular Cylinder

2.2　製作者

運動性能部　大松重雄

2.3　製作年月

昭和50年10月

2.4　計算の概要

上下動の速度 $h(t)$ あるいは左右動の速度 $S(t)$ に応ずる物体表面上の吹出し分布 $\sigma(\tilde{x},\ \tilde{y}\ ;\ t)$ を求めるための積分方程式は図—1に示す座標系を使うと

$$\left.\begin{matrix} h(t)\tilde{x} \\ s(t)(\tilde{y}+C) \end{matrix}\right\} = -\frac{1}{2\pi}\int_h \sigma(x',\ y'\ ;\ t)$$

$$\left\{\tan^{-1}\frac{\tilde{y}-y'}{\tilde{x}-x'} - \tan^{-1}\frac{\tilde{y}+y'}{\tilde{x}-x'}\right\}dc$$

$$-\frac{\sqrt{g}}{\pi}\int_h \sigma(x',\ y'\ ;\ \xi)dc\int_0^t \sin\sqrt{gk}(t-\xi)d\xi$$

$$\times\int_0^\infty \frac{e^{k(\tilde{y}+y')}\sin k(\tilde{x}-x')}{\sqrt{k}}\,dk$$

である。円柱の表面を等間隔に分割し，それぞれの区間で吹出分布は一定とし，境界条件は各区間の境の点

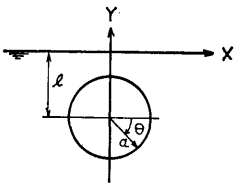


図-1

で満足させる。時間に関しては適当にきざみを定めて $t=0$ から逐次時間変数を増やして，各時刻毎に Fredholm 型の積分方程式を解き吹出し分布を求めていく。吹出し分布が求まれば，物体に働く圧力 p は

$$-\frac{p}{\rho} = \frac{\partial\phi}{\partial t} + gy$$

より，自由表面上昇量 η は

$$\eta(x,\ t) = -\frac{1}{g}\left(\frac{\partial\phi}{\partial t}\right)_{y=0}$$

より計算できる。

2.5　計算の手順

計算の手順は図—2のフローチャートに示すとおりである。

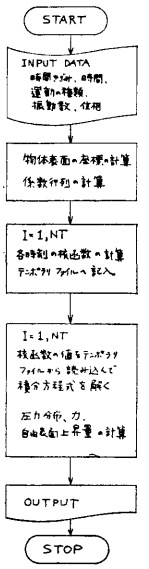


図-2

2.6 計算機種および制限事項

このプログラムは計算センターの TOSBAC—5600 用に製作したものである。テンポラリファイルを使用している点に留意しさえすれば他機種への移行に困難はない。使用メモリーは約30kWである。

3. プログラムの応用

物体の形状は円柱としてあるが，没水してさえいれば任意の形状に拡張できる。また，運動は正弦的でなくとも任意の運動をしている場合に適用できる。

4. あとがき

今回の計算プログラムは物体が完全に水中に没している場合の計算プログラムで，自由表面上に浮んでいる場合には適用できない。これらの理論的背景については下記文献を参照されたい。

参考文献

1) 大松重雄，柱体の動揺初期における造波現象の理論について，日本造船学会論文集第134号（1973）
2) S. Ohmatsu, On the Irregular Frequencies in the Theory of Oscillating Bodies in a Free Surface, Papers of SRI, No. 48 (1975)
3) 大松重雄，没水柱状体の動揺初期における造波現象の計算，西部造船会会報第51号（1976）

5. 変動水圧データの解析プログラム

運動性能部　渡　辺　　巌

1. プログラムの目的および概要

波浪中の船体運動あるいは変動水圧の計測を行う実験では一時に多種多量なデータ採集を必要とするため当部では，高速データ収集装置によりMT書込みを行い，後に解析する方法がとられている。本プログラムは，このMTに書込まれたデータを処理する場合，様々な実験解析に共通している部分を統一的かつ迅速に処理することを目的に作成された。対象としているのは周期的変動をするデータである。

プログラムは3つのジョブで構成される。すなわち，①データックのフォーマットで記録されているMTデータに対し，間引き等の整理を加えて，ファイルに格納するプログラムと，②ファイルからデータを読出し，Fourier 解析して周波数特性を求め，カーブプロッタに実験番号毎に書かせるプログラムと，③予め指定した基準信号に対する位相関係を知るプログラムの3つである。

2. プログラムの内容

2.1 プログラムの名称

データックデータのフーリエ解析プログラム
Fourier Analysis of the Datac Data

2.2 製作者

運動性能部　渡辺　巌

2.3 製作年月

昭和51年12月

2.4 計算の概要

1に述べたプログラム概要のとおり。

2.5 計算機種および制限事項

TOSBAC—5600 を対象に製作した。しかしデータックデータ用サブルーテンが存在し，ファイルエリアが確保され，フーリエ解析用サブルーテン（FOUR02に替わるべきもの）が存在しかつカーブプロッタールーテンがある計算機ならば，若干の手直しで計算可能である。

必要な記憶容量は各プログラムが小さいため，コア容量はわずかである。一番の問題はファイルエリアが大きくとれるかどうかである。この大きさによって一回の計算で処理できる実験ケースの数が左右される。3つのプログラムを独立したジョブとして行うためにはファイルはパーマネントである必要があるが，単一ジョブのアクティビティとして3つのプログラムを処理すればテンポラリーファィルの使用が可能で，この場合はかなりのファイルエリアがとれる。

3. プログラムの応用

1番目のジョブの考え方は，短いMT装置占有時間

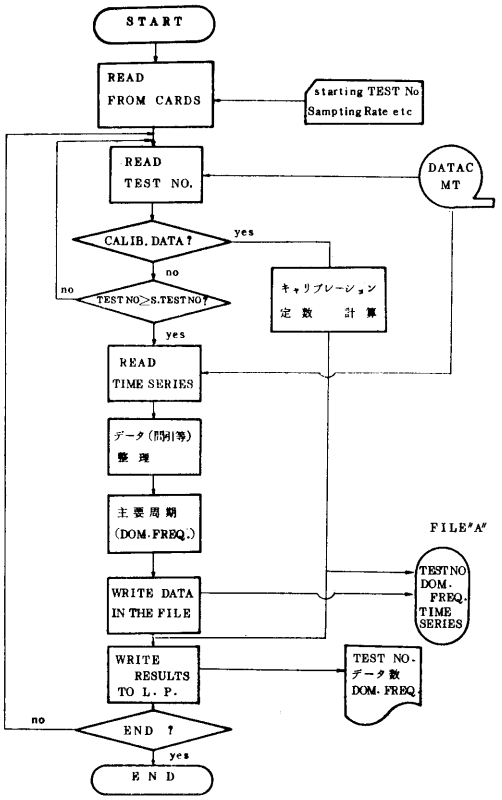


図-1

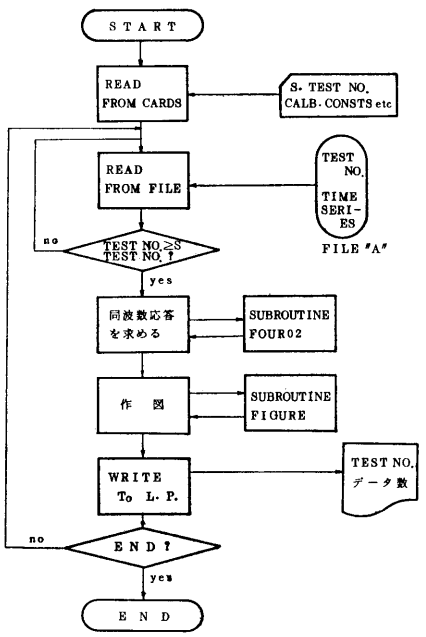


図-2

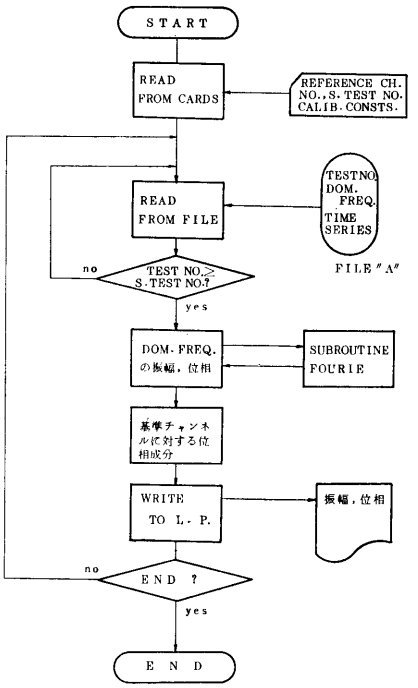


図-3

でデータックにより作成されたデータを読み込もうとする場合にはひろく使える。

2番目のジョブは，実験データの周波数分布を知る場合に使える。またカーブプロッター用出力の部分はFIGURE と称するサブルーテンになっているが，これは図面の大きさ，タイトル名等を指定すれば，希望する作図を行うので，作図用ルーテンとしては計算機備え付けのサブルーテンよりも扱い易い。

4. あとがき・その他

本プログラムは，規則波中実験データの処理を念頭において，作成したものであるが，周期的に振動するデータならば，汎用性がある形となった。これが実験解析の迅速化に資することがあれば幸いである。

なお，プログラム③において用いたサブルーテンFOURIE は三井造船㈱湯浅肇氏の開発されたプログラムを基礎にしている。氏の御好意に感謝する次第である。

6. 矩形断面を有する二次元柱状体に働く流体力の計算

海洋開発工学部　大　川　　豊

1. プログラムの目的および概要

一般の二次元柱状体が平水中で調和振動するときの流体力を求める計算法はすでにいくつかの方法が開発されているが，矩形断面のように角をもつ物体では Lewis form 近似は適用できないし，岸の方法[1]では角の条件が表わせない。そこで流れ関数に関する Dirichlet 問題の解として積分方程式を解いて吹出し分布を求める前田の方法[2]を用いれば境界条件が座標だけで与えられるので角のある物体に対しても容易に適用できる。本プログラムは箱型作業船の運動を計算することを直接の目的として前田の方法により作製したものであり，上下揺れ，左右揺れ，横揺れの附加質量，減衰係数および波強制力を求めることができる。

2. プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

矩形断面を有する二次元柱状体に働く流体力

Hydrodynamic Forces on Two-Dimensional Rectangular Cylinder

2.2　製作者

海洋開発工学部　大川　豊

2.3　製作年月

昭和50年4月

2.4　計算の概要

図－1に示す座標系において物体が理想流体中で微小な調和振動をするとすれば，ポテンシャル流場は速度ポテンシャルまたは流れ関数を用いて次の様に表わせる。

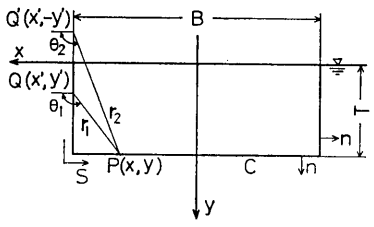


図-1

$$\phi(x,\ y)=\int_C \sigma(x',\ y')G(x,\ y\ ;\ x',\ y'\ ;\ K)\times ds(x',\ y') \qquad \cdots\cdots(1)$$

$$\varphi(x,\ y)=\int_C \sigma(x',\ y')S(x,\ y\ ;\ x',\ y'\ ;\ K)\times ds(x',\ y') \qquad \cdots\cdots(2)$$

ここで ϕ, φ, σ, G, S は複素関数で $\phi=\phi_R+i\phi_I$, $\varphi=\varphi_R+i\varphi_I$, $\sigma=\sigma_R+i\sigma_I$, $G=G_R+iG_I$, $S=S_R+iS_I$ である。核関数 G, S は次の表示式による。

$$\left.\begin{aligned} G_R&=\log r_1-\log r_2-2\{E_R\cos K|x-x'| \\ &\quad +(E_I-\pi)\sin K|x-x'|\}\times e^{-K(y+y')} \\ G_I&=2\pi e^{-K(y+y')}\cos K(x-x') \\ S_R&=\theta_1-\theta_2-2\,\mathrm{sgn}(x-x') \\ &\quad \times\{E_R\sin K|x-x'|-(E_I-\pi) \\ &\quad \times\cos K|x-x'|\}\times e^{-K(y+y')} \\ S_I&=2\pi e^{-K(y+y')}\sin K(x-x') \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots(3)$$

E_R, E_I は積分指数関数の実部と虚部であり

$$\left.\begin{aligned} E_R&=-\log(Kr_2)-\gamma-\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(Kr_2)^n}{n\cdot n!} \\ &\quad \times\cos n\left(\theta_2-\frac{\pi}{2}\right) \\ &\text{ただし } \gamma=0.577216\cdots\cdots(\text{Euler 定数}) \\ E_I&=\theta_2+\frac{\pi}{2}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(Kr_2)^n}{n\cdot n!}\sin n\left(\theta_2-\frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots(4)$$

(2)式を使えば核関数 S には特異性がなく，境界条件 φ も座標で与えることができる。(2)式は σ の対称性（上下揺れ），反対称性（左右揺れ，横揺れ）を利用すればそれぞれ二つの独立な積分方程式に分けられる。以下 σ を求める計算手順を示す。必要な場合には左右揺れは1，上下揺れは2，横揺れは3の添字をつける。

i)　上下揺れ

$$①\begin{cases} x=\int_C \sigma_{0,2}(x',\ y')S_R(x,y\ ;\ x',\ y'\ ;\ K)ds \\ -2\pi e^{-Ky}\sin Kx=\int_C \sigma_{d,2}(x',\ y')S_R(x,\ y\ ;\ x',\ y'\ ;\ K)ds \end{cases}$$

これにより $\sigma_{0,2}$, $\sigma_{d,2}$ を求め

② $\begin{cases} P_0=\int_C \sigma_{0,2}(x',\ y')e^{-Ky'}\cos Kx'ds \\ P_d=\int_C \sigma_{d,2}(x',\ y')e^{-Ky'}\cos Kx'ds \end{cases}$

③ $\begin{cases} P_R=P_0/(1+P_d^2) \\ P_I=P_R\cdot P_d \end{cases}$

④ $\begin{cases} \sigma_{R,2}=\sigma_{0,2}-\sigma_{d,2}P_I \\ \sigma_{1,2}=\sigma_{d,2}\cdot P_R \end{cases}$

ii) 左右揺れ，横揺れ

① $\begin{cases} -y+C_1=\int_C \sigma_{0,1}(x',\ y')S_R(x,\ y\ ;\ x',\ y'\ ;\ K)\times ds \\ \frac{1}{2}(x^2+y^2)+C_3=\int_C \sigma_{0,3}(x',\ y')S_R(x,\ y\ ;\ x',\ y'\ ;\ K)ds \\ -2\pi e^{-Ky}\cos Kx+C_0=\int_C \sigma_{d,0}(x',\ y')\times S_R(x,\ y\ ;\ x',\ y'\ ;\ K)\times ds \end{cases}$

これより $\sigma_{0,1}$, $\sigma_{0,3}$, $\sigma_{d,0}$ が求まれば

② $\begin{cases} Q_{0,1}=\int_C \sigma_{0,1}(x',\ y')e^{-Ky'}\sin Kx'ds \\ Q_{0,3}=\int_C \sigma_{0,3}(x',\ y')e^{-Ky'}\sin Kx'ds \\ Q_d=\int_C \sigma_{d,0}(x',\ y')e^{-Ky'}\sin Kx'ds \end{cases}$

③ $\begin{cases} Q_{R,j}=Q_{0,j}/(1+Q_d^2) \\ Q_{I,j}=Q_{R,j}\cdot Q_d \end{cases} \quad (j=1,\ 3)$

④ $\begin{cases} \sigma_{R,j}=\sigma_{0,j}-\sigma_{d,0}\cdot Q_{I,j} \\ \sigma_{I,j}=\sigma_{d,0}\cdot Q_{R,j} \end{cases} \quad (j=1,\ 3)$

以上で吹出し分布が求まったから，速度ポテンシャルを次の様に求める。

上下揺れ

$$\left.\begin{aligned} \phi_{R,2}&=\int_C \sigma_{R,2}\cdot G_R ds-2\pi e^{-Ky}\cos Kx\times P_I \\ \phi_{I,2}&=\int_C \sigma_{I,2}\cdot G_R ds+2\pi e^{-Ky}\cos Kx\times P_R \end{aligned}\right\} \cdots\cdots(5)$$

左右揺れ，横揺れ

$$\left.\begin{aligned} \phi_{R,j}&=\int_C \sigma_{R,j}\cdot G_R ds+2\pi e^{-Ky}\sin Kx\times Q_{I,j} \quad (j=1,\ 3) \\ \phi_{I,j}&=\int_C \sigma_{I,j} G_R ds-2\pi e^{-Ky}\sin Kx\times Q_{R,j} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots(6)$$

以上の ϕ_R, ϕ_I を用いて流体力 f_{jk} は $f_{jk}=f_{R,jk}+if_{I,jk}$ $(j,\ k=1,\ 2,\ 3)$ として次の式によって求める。

$$f_{jk}=-\int_C \phi_j \frac{\partial \phi_k}{\partial n}ds \qquad \cdots\cdots(7)$$

ここで f_{jk} は j モードの運動による k モードの力，また

$$\frac{\partial \phi_1}{\partial n}=-\frac{\partial y}{\partial s},\quad \frac{\partial \phi_2}{\partial n}=\frac{\partial x}{\partial s},\quad \frac{\partial \phi_3}{\partial n}=x\frac{\partial x}{\partial s}+y\frac{\partial y}{\partial s} \qquad \cdots\cdots(8)$$

である。

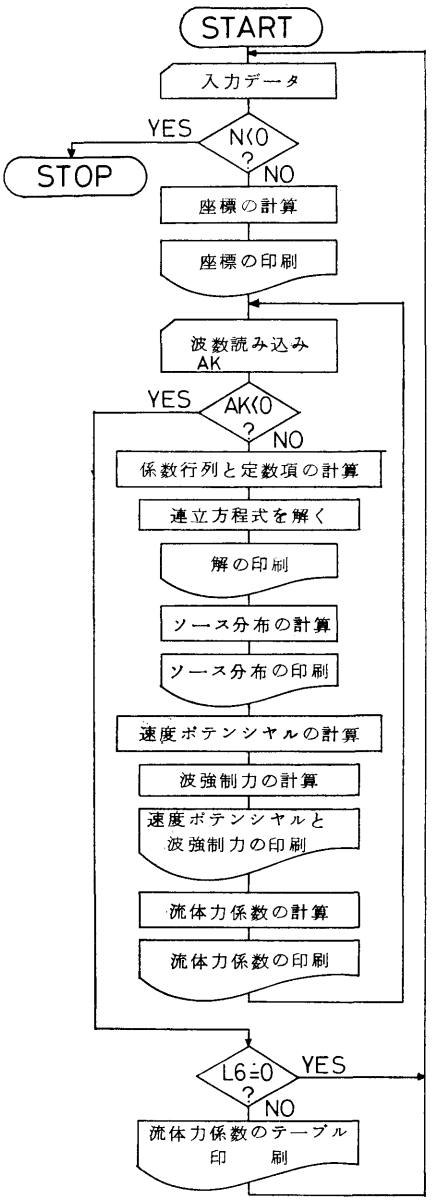


図-2

波強制力は斜め波も含むものとして入射波の速度ポテンシャルを

$$\phi_{w0}=e^{-Ky+iKx\sin\alpha} \qquad \cdots\cdots(9)$$

とすれば j モードの力は

$$e_{\alpha,j}=-\int_C\left(\frac{\partial\phi_j}{\partial n}-\phi_j\frac{\partial}{\partial n}\right)e^{-Ky+iKx\sin\alpha}ds \qquad \cdots\cdots(10)$$

と表わせるから j モードの速度ポテンシャルから計算できる。また $e_{\alpha,j}=e_{R\alpha,j}+ie_{I\alpha,j}$ である。

以上の流体力を次の様に無次元化した係数で表わしている。

上下揺れ附加質量　$C_0K_4=f_{R,22}/\frac{1}{2}\pi\left(\frac{B}{2}\right)^2$

〃　波振幅比　$A_z=K\sqrt{|f_{I,22}|}$

左右揺れ附加質量　$K_x=f_{R,11}/\frac{1}{2}\pi T^2$

〃　波振幅比　$A_x=K\sqrt{|f_{I,11}|}$

横揺れ附加慣性モーメント　$K_R=f_{R,33}/\frac{1}{8}\pi T^4$

〃　波振幅比　$A_R=K\sqrt{|f_{I,33}|}$

左右揺れ，横揺れ連成モーメントの腕

慣性項　$l_{SR}=f_{R13}/f_{R11}$

減衰項　$l_W=f_{I13}/f_{I11}$

波強制力（出会角 α）

上下力　$e_{2C\alpha}=e_{R\alpha_2}/\frac{B}{2}$

$e_{2S\alpha}=e_{I\alpha_2}/\frac{B}{2}$

左右力　$e_{1C\alpha}=e_{R\alpha_1}/T$

$e_{1S\alpha}=e_{I\alpha_1}/T$

2.5　計算の手順

計算の手順の概略を図—2のフローチャートに示す。図中L 6は出力をコントロールするための index。

2.6　計算機および制限事項

TOSBAC—5600。使用メモリー数は約60KW。

3.　プログラムの応用

矩形断面に限らず角をもつ物体に対して有効な方法なので若干の手を加えれば変更できる。

4.　あとがき

箱型船の波浪中の運動を求めるのに本プログラムでいちいち流体力を求めるのは時間がかかりすぎて有効でないので現在 B/2Tを 0.5〜10.0，KB/2を 0.05〜5.0，波強制力の出会角を15° 間隔で 0〜90° までを系統的に計算し，テーブルにしてMTに収めてある。箱型作業船の運動の計算はこのMTを用いて行っており，よい成果が得られている。

参考文献

1)　菅　信；平水中で調和振動する二次元柱状体に働く変動圧力の計算プログラム，船研報告第11巻第1号（1974）

2)　前田久明；任意船型におよぼす波の強制力について，造船学会論文集第126号（1969）

7.　骨組構造の座屈解析プログラム

船体構造部　青　木　元　也

1.　プログラムの目的および概要

二次元骨組構造の弾性座屈強度をマトリックス変位法によって解析する。変断面部材および変分布圧縮荷重をも取扱うことができる。

2.　プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

二次元骨組構造弾性座屈解析プログラム

EB 2 DFRAME

2.2　製作者

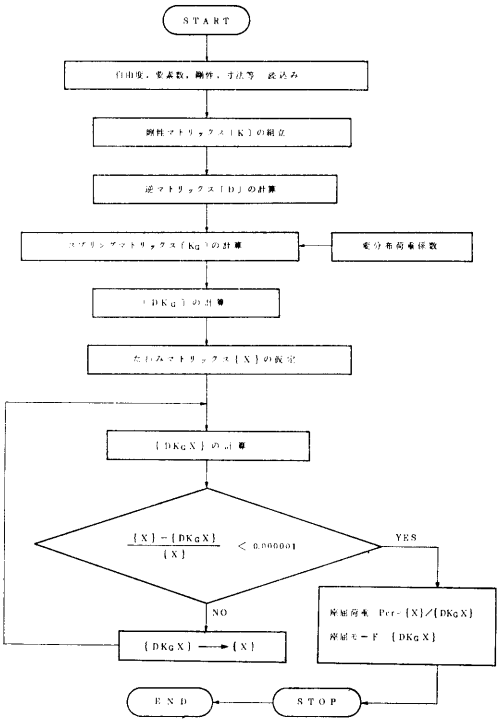
船体構造部　青木元也

2.3　製作年月

昭和51年11月

2.4　計算の概要

部材要素の剛性，長さ，要素総数，自由度総数を読込んで構造全体の剛性マトリックスを組立てる。この逆マトリックス[D]をガウス・ジョルダン消去法によって求め，その一部とスプリングマトリックス [K_G] とから [DK_G] を計算する。このマトリックスから繰返し法によって座屈荷重および座屈モードを計算する。



図−1

2.5　計算の手順

計算の概略の流れを図−1に示す。

2.6　計算機種および制限事項

32節点数，32要素数で18kWのコアメモリを使用している。自由度，要素数は簡単に増減できるのでどの計算機にも適応可能である。

3.　プログラムの応用

多層多スパンラーメン構造，変断面柱，自重等の軸方向に変化する軸荷重を受ける柱などの弾性座屈の計算に用いられる。

4.　あとがき

現状では基準荷重に対する内力あるいは応力の計算および出力は行っていない。出力フォームは必要に応じて簡単に変更できる。

8.　二次元板構造物の弾塑性応力解析と座屈解析プログラム

船体構造部　遠　藤　久　芳

1.　プログラムの目的および概要

有限要素法により，二次元骨付き板構造物の弾塑性域における応力解析と座屈解析を行うプログラムであり，特に座屈計算においては原点移動法を用いて高次の固有値を有する座屈モードまで算出できるようにした。かなり大次元の対象モデルをも扱えるように考慮してあるが，入力データの繁雑な部分をかなり自動化し，計算結果は総てプロッタへの図形出力を可能にすることによって労力削減が施されている。

2.　プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

EPBUCK

2.2　製作者

船体構造部　遠藤久芳

2.3　製作年月

昭和48年〜51年12月

2.4　計算の概要

大きく分けて，弾塑性平面応力計算と，それにより得られた応力分布を用いた座屈固有値計算を行う2つの機能がある。弾性域における有限要素法による応力計算と座屈計算の基礎理論については，文献1）でそれぞれ説明してある。

(1)　塑性域の判定と荷重増分

降伏条件として Mises の条件を採用しており，塑性域においては，Prandtl-Reuss の応力増分—ひずみ増分関係式を用いている。次に計算ステップごとにとられる荷重増分の決め方について説明する。弾性域にある総ての要素のうち相当応力 $\bar{\sigma}$ が最大のものを選

びその $\bar{\sigma}$ が降伏応力に達するまで荷重を上げるように荷重増分がとられ，次のステップからは，その要素と同レベルの応力状態にあった要素が塑性域として扱われる。

(2) 弾塑性状態における座屈荷重の求め方

算出される座屈固有値 λ は，座屈までの荷重付加倍数を意味するので，λ が $\lambda \leqq 1.0$ になるまで荷重ステップをとり固有値計算を繰り返し補間法によって $\lambda = 1.0$ になる荷重状態を求めればよい。ただし固有値計算を総ての荷重ステップにおいて行ってはいないで，一度固有値 λ が算出されたらその λ から座屈荷重の下限 P_1 を推定して荷重が P_1 を越えるステップに達するとまた固有値計算を行っている。本プログラムでは固有値の計算で応力計算の倍程度の時間を費すので，できるだけ固有値演算回数を少くした。

(3) 固有値の計算法と原点移動法

座屈固有値の方程式は次のように表わせる。

$$([K]-\lambda_0[K_G])\cdot\{\delta\}=\lambda'[K_G]\{\delta\} \cdots\cdots (2.4.1)$$

$[K]$；剛性マトリックス，λ_0；原点移動量

$[K_G]$；面内応力による幾何学的剛性マトリックス

$\{\delta\}$；節点変位 $(w,\ \theta_X,\ \theta_Y)$

(2.4.1) 式は，Inverse Iteration 法により次式

$$\{\delta\}_i=([K]-\lambda_0[K_G])^{-1}\cdot[K_G]\cdot\{\delta\}_{i-1} \cdots\cdots (2.4.2)$$

$$\lambda'=\{\delta\}_i\cdot\{\delta\}_{i-1}/\{\delta\}_i\cdot\{\delta\}_i \cdots\cdots (2.4.3)$$

を，固有値 λ' と固有ベクトル $\{\delta\}$ が収束するまで繰り返し解くことにより，絶対値が最小の固有値 λ' が得られる。座屈固有値 λ は

$$\lambda=\lambda'+\lambda_0 \cdots\cdots (2.4.4)$$

となるので，最初に与えた移動原点 λ_0 の最も近傍の座屈固有値が得られたことになる。

なお，$\lambda_0=0$ とすれば，最小座屈荷重が算出される。

2.5 計算の手順

○作業手順

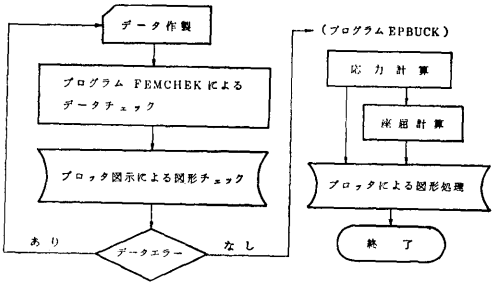


図-1

○「EPBUCK」における計算の手順

図—2に示す。（ ）内は使用されるサブプログラム名である。

2.6 計算機種および制限事項

TOSBAC—5600 使用。

標準使用で，メモリー45kW（制限を拡張した場合は60kW）必要とする。

補助記憶としてテンポラリファイルを11箇，延べ230～500リンク使用する。

プログラムがオーバーレイ構造をとっているためFORTY の ACTIVITY が13箇ある。

3. プログラムの応用

本プログラムは以下の4つの問題に使用できる。

○弾性応力計算

○弾塑性応力計算

○弾性座屈計算（高次座屈解析も可）と弾性応力計算

○弾塑性座屈計算と弾塑性応力計算

原点移動法を用いて高次座屈を探索することは，一般には簡単でなく，著者が提案している仮想ビーム法[2),3)]などを併用するとうまく求まる場合が多い。

プログラムの使用法・使用例はマニュアル参照。

4. あとがき，その他

本プログラムは，能率的な計算実行と，不必要な出力を省略するためのオプションとして，IFLG（1～6）や NSTEP のコントロール変数を利用できる。

本プログラムでは，熱荷重や傾斜境界条件は扱えない。傾斜境界条件については扱えるよう機能追加することもできる。

参考文献

1) 船舶技術研究所報告，第11巻第1号，昭和49年1月

2) 塑性設計資料集その六「板構造物の座屈と最終強度」，日本溶接協会，昭和51年11月

3) 船舶技術研究所発表会講演集「ウィングタンクの破壊強度（その3）」昭49年春季

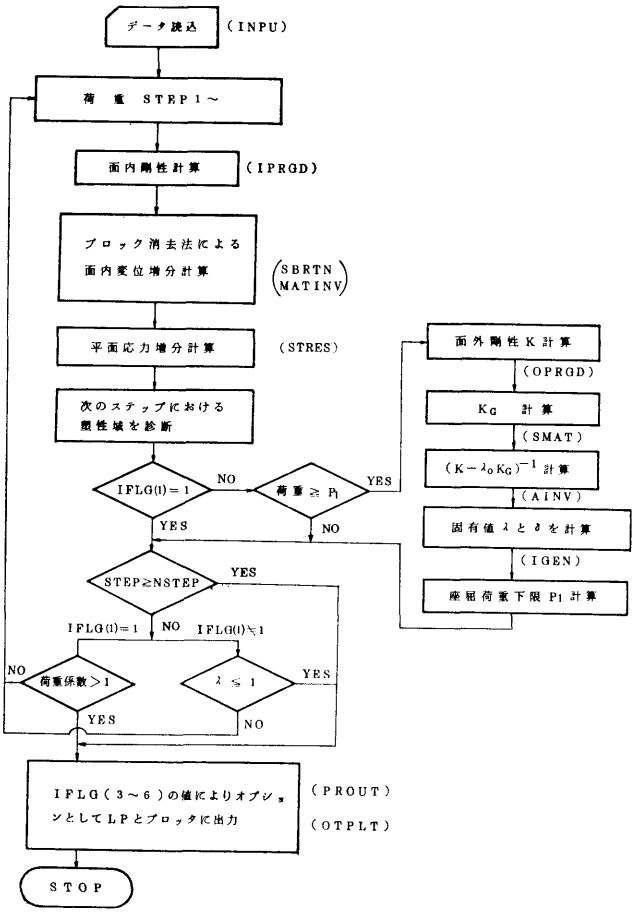


図-2

9. 埋没欠陥からの疲労き裂伝播の計算プログラム

溶接工作部　藤　井　英　輔

1. プログラムの目的および概要

構造用鋼等における疲労き裂の伝播速度は破壊力学にもとづくK値による指数則が成立する。溶接継手内部に存在する溶接欠陥ないしはき裂のK値は単純ではなく，ここでは A. S. Kobayashi ら[1] の解析結果を利用し，任意の板厚，欠陥形状（楕円き裂）に対して補正係数を計算して，既知の材料定数，荷重履歴等のデータによって疲労き裂の伝播挙動を求めることを目的としている。

補正係数は10座標点によって与え，その間を線形補間によって計算しており，また欠陥の軸は板厚中心に一致し，引張応力の繰り返し応力を受ける場合に限られる。

2. プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

埋没欠陥からの疲労き裂伝播の計算プログラム

2.2　製作者

溶接工作部　藤井英輔

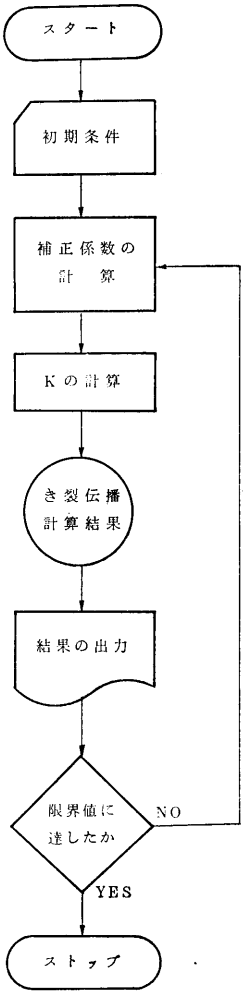


図-1

2.3 製作年月

昭和51年2月

2.4 計算の概要

初期欠陥寸法，板厚，指数則における材料定数，荷重履歴（各荷重の大きさおよび繰返数）を与え，まず欠陥寸法と板厚からK値の補正係数を計算し，荷重と繰返数の増分あるいは1方向の進展量の増分からき裂の進展量あるいは対応繰返数と他の方向の進展量を求める。ついで新しい進展き裂形状を得，これについて補正係数を計算する。以下これを必要なだけ繰返し行いき裂伝播挙動を求める。

2.5 計算の手順

計算の概略の流れを図—1に示す。

2.6 計算機種および制限事項

特記すべき制限事項はない。このプログラムは計算センター のTOSBAC—5600 用に作成した。

使用メモリー数は約10kW。

3. プログラムの応用

3.1 使用法

初期欠陥寸法，部材寸法（板厚，板幅），材料定数，荷重履歴を与える。

繰返数の増分から進展量を計算するか，進展量の増分から繰返数を計算するかを決める。

最大繰返数に達するか，板厚方向に進展量が90%を超えたとき計算を打切る。

3.2 使用例

図—2および図—3に計算結果の例および表—1に入出力例を示す。

3.3 応用

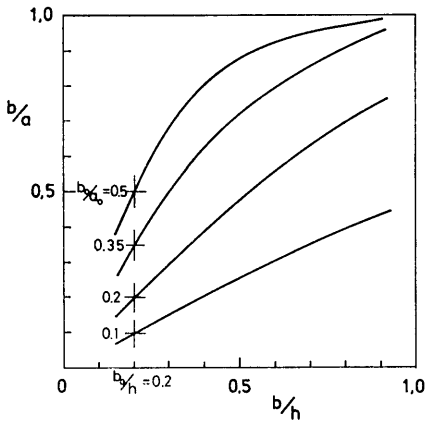


図-2

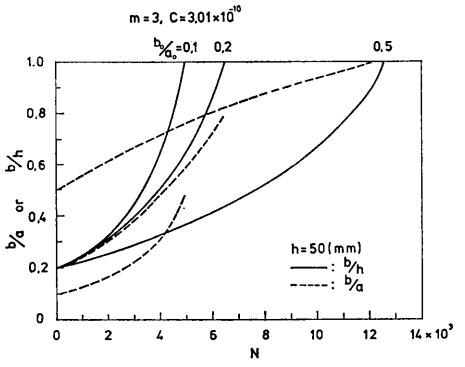


図-3

表-1

DATA OF TEST CONDITION

J	P(TON)	N(CYCLES)	
			← インプットデータの数 FDATA(m,n) n=5, m=2
1	5.0	100.0	
2	800.0	4700.0	→ 疲労条件
3	50.0	5.0	→ 初期切欠寸法 (a_0, b_0)
4	400.0	50.0	→ 試験片寸法 (幅×板厚)
5	50.0	20.0	→

RESULTS OF CALCULATION

S 1=40.0(KG/MM2) N 1= 4700(CYCLES)

J	K	ΔA	A	Δb	b	ΔN	N	K		伝播速度		補正係数				
		DA	DNA	DB	DNB	DN	TAN	DKA	DKB	DA/DN	DB/DN	M1	M2	M3	ELR	DN
1	1	0.061	49.939	0.500	19.500	31	31	189.6	351.0	0.198E-02	0.161E-01	1.212	1.051	1.043	0.400	0.800
1	2	0.060	49.879	0.500	19.000	33	64	185.0	343.5	0.182E-02	0.152E-01	1.197	1.050	1.041	0.390	0.780
1	3	0.060	49.818	0.500	18.500	35	100	180.5	335.9	0.167E-02	0.139E-01	1.182	1.048	1.039	0.381	0.760
1	4	0.060	49.758	0.500	18.000	39	139	176.1	328.2	0.154E-02	0.128E-01	1.167	1.046	1.037	0.371	0.740
1	5	0.059	49.699	0.500	17.500	42	181	171.7	320.5	0.141E-02	0.119E-01	1.152	1.045	1.035	0.362	0.720
1	6	0.060	49.640	0.500	17.000	46	227	167.4	312.8	0.130E-02	0.109E-01	1.137	1.043	1.034	0.352	0.700
1	7	0.058	49.582	0.500	16.500	49	276	163.0	306.7	0.118E-02	0.102E-01	1.127	1.042	1.032	0.342	0.680
1	8	0.056	49.526	0.500	16.000	52	328	158.6	300.5	0.108E-02	0.962E-02	1.117	1.040	1.031	0.333	0.660
1	9	0.055	49.471	0.500	15.500	56	384	154.1	294.1	0.978E-03	0.893E-02	1.107	1.039	1.030	0.323	0.640
1	10	0.054	49.417	0.500	15.000	61	445	149.7	287.6	0.886E-03	0.820E-02	1.096	1.037	1.028	0.313	0.620
1	11	0.053	49.364	0.500	14.500	66	511	145.3	280.8	0.799E-03	0.758E-02	1.086	1.035	1.027	0.304	0.600
1	12	0.050	49.314	0.500	14.000	70	581	140.7	275.5	0.717E-03	0.714E-02	1.080	1.034	1.025	0.294	0.580
1	13	0.048	49.266	0.500	13.500	75	656	136.1	270.1	0.640E-03	0.667E-02	1.074	1.032	1.024	0.284	0.560
1	14	0.046	49.220	0.500	13.000	81	737	131.5	264.5	0.569E-03	0.617E-02	1.067	1.031	1.022	0.274	0.540
1	15	0.044	49.176	0.500	12.500	87	824	126.8	258.8	0.504E-03	0.575E-02	1.061	1.030	1.021	0.264	-0.520
1	16	0.042	49.134	0.500	12.000	94	918	122.2	252.9	0.444E-03	0.532E-02	1.054	1.028	1.019	0.254	-0.500
1	17	0.040	49.095	0.500	11.500	102	1020	117.5	247.5	0.388E-03	0.490E-02	1.050	1.027	1.017	0.244	0.480
1	18	0.037	49.057	0.500	11.000	110	1130	112.7	242.0	0.337E-03	0.455E-02	1.045	1.026	1.016	0.234	0.460
1	19	0.035	49.023	0.500	10.500	119	1249	108.0	236.3	0.291E-03	0.420E-02	1.041	1.024	1.014	0.224	0.440
1	20	0.032	48.990	0.500	10.000	130	1379	103.2	230.3	0.250E-03	0.385E-02	1.036	1.023	1.013	0.214	0.420
1	21	0.030	48.960	0.500	9.500	142	1521	98.4	224.2	0.213E-03	0.352E-02	1.031	1.021	1.011	0.204	0.400
1	22	0.028	48.932	0.500	9.000	155	1676	93.6	218.6	0.180E-03	0.323E-02	1.028	1.020	1.010	0.194	0.380
1	23	0.026	48.907	0.500	8.500	170	1846	88.8	212.9	0.150E-03	0.294E-02	1.026	1.019	1.008	0.184	0.360
1	24	0.023	48.883	0.500	8.000	188	2034	84.0	206.9	0.124E-03	0.266E-02	1.023	1.017	1.007	0.174	0.340
1	25	0.021	48.862	0.500	7.500	208	2242	79.2	200.6	0.102E-03	0.240E-02	1.020	1.016	1.006	0.164	0.320
1	26	0.019	48.843	0.500	7.000	233	2475	74.3	194.0	0.820E-04	0.215E-02	1.017	1.015	1.005	0.153	0.300
1	27	0.017	48.826	0.500	6.500	262	2737	69.5	187.6	0.652E-04	0.191E-02	1.015	1.014	1.004	0.143	0.280
1	28	0.015	48.811	0.500	6.000	296	3033	64.7	180.9	0.510E-04	0.169E-02	1.013	1.013	1.003	0.133	0.260
1	29	0.013	48.798	0.500	5.500	339	3372	59.8	173.9	0.391E-04	0.147E-02	1.012	1.012	1.002	0.123	0.240
1	30	0.012	[48.786]	0.500	[5.000]	393	3765	54.9	166.5	0.293E-04	0.127E-02	1.010	1.011	1.002	0.113	0.220
1	31	0.010	48.776	0.500	4.500	462	4227	50.0	158.7	0.213E-04	0.108E-02	1.008	1.010	1.001	0.102	0.200
1	32	0.008	48.768	0.500	4.000	552	4779	45.1	150.7	0.150E-04	0.906E-03	1.007	1.009	1.001	0.092	0.180

疲労破壊した事故継手における初期欠陥の推定，近接欠陥からのき裂進展とその挙動の計算，などに応用することが比較的簡単に可能である。

4. あとがき

内部欠陥が板厚方向に偏心する場合，引張＋曲げの組合せ荷重の場合，表面欠陥についての計算などについて今後計算プログラムを作成する予定である。

参考文献

1) Shah, R.C. and Kobayashi, A. S., "Stress Intensity Factors for Elliptical Crack Approaching the Surface of a Semi-infinite Solid", Inf. J. of Fracture, vol. 9, No. 2, June 1973

10. ひずみ計測による平面応力および主応力の計算

溶接工作部　秋山　繁

1. プログラムの目的および概要

2軸および3軸歪ゲージで計測した多量の歪データより，二次元応力状態において，応力または残留応力を計算することを目的とする。

2. プログラムの内容

2.1 プログラムの名称

ひずみ計測による平面応力および主応力の計算

CALCULATIONS OF PLANE STRESSES AND PRINCIPAL STRESSES FROM MEASURED STRAINS

2.2 製作者

溶接工作部　秋山　繁

2.3 製作年月

昭和51年11月

2.4 計算の概要

まず，2軸および3軸歪ゲージについて計算するかどうかを L で規定し，さらに，応力計算か残留応力計算かは，2軸については M，3軸については N により規定し，2軸・3軸の順で計算する。

$L=2$ ……2軸

$L=1$ ……3軸

$L\neq 1 \cap L\neq 2$ ……2軸と3軸

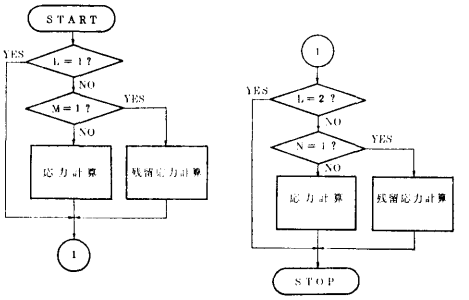


図-1

```
      C*** THE TABLE OF THERMOCHEMICAL PROPERTIES CP,CV,H,S ***
      COMMON/NAMES/X(15)/COEF/Z(14,15)
      CALL THRM(2560.0,1,ACP,ACV,AH,AS)
      WRITE(6,101)
      WRITE(6,102) X(1),ACP,ACV,AH,AS
  101 FORMAT(2X,'NAME',4X,'CP',12X,'CV',12X,'H',13X,'S'/
     110X,'CAL/K,MOL',5X,'CAL/K,MOL',5X, 'CAL/MOL',7X,'CAL/K,MOL'/)
  102 FORMAT(2X,A5,3X,E12.5,2X,E12.5,2X,E12.5,2X,E12.5)
      STOP
      END
```

```
                    EXECUTION PROGRAM ENTERED AT  037736  THROUGH  FSETU

NAME    CP          CV          H           S
        CAL/K,MOL   CAL/K,MOL   CAL/MOL     CAL/K,MOL

H       0.49660E 01  0.29800E 01  0.63332E 05  0.38074E 02
```

$M \neq 1$, $N \neq 1$ ――――応力計算
$M=1$, $N=1$ ― ― ― ― 残留応力計算

2.5 計算の手順

2.6 計算機種および制限事項

計算の概略の流れを図―1に示す。

このプログラムは計算センターの TOSBAC―5600 用に製作したものである。使用メモリー数55kW，ＤＩＳＣのテンポラリファイル 5 LINKS（可変），紙テープリーダーを使用する。

11. 二次元乱流湾曲ジェットの相似解計算プログラム

機関開発部　村　尾　麟　一

1. プログラムの目的および概要

ジェットが壁面近くで吹出されて湾曲する現象は，ジェットカーテン，流体素子，V/STOL の地面効果に関連してよくみられる。直線ジェットの相似構造については，境界層問題の一つとして旧くから Görtler らによって理論的に解明されている。しかし湾曲ジェットについては従来自己完結的な理論解がえられていない。著者は流線解析の手法を適用して二次元乱流湾曲ジェットの，充分発達した領域における相似解を理論解析した。乱流の運動方程式から流線座標表示によって相似方程式（3階非線型常微分方程式）を導くことができる。本プログラムは相似方程式の数値解と，それから導かれる主要変数の関係を求めるための ものである。

2. プログラムの内容

2.1 プログラムの名称

乱流湾曲ジェットの相似解

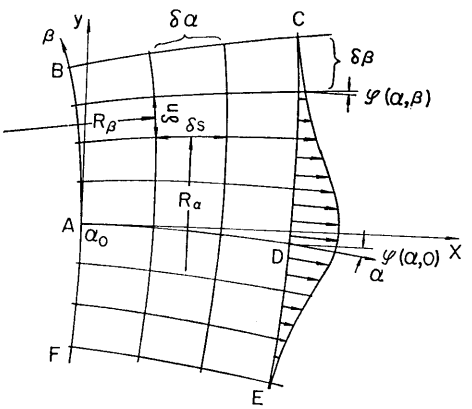


図-1

2.2 製作者

機関開発部　村尾麟一

2.3 製作年月

昭和49年1月

2.4 計算の基礎となる理論の概要

流線座標を α, β 曲線の長さを s, n, $h_\alpha=\partial s/\partial_\alpha$, $h_\beta=\partial n/\partial_\beta$ とおく。記号はすべて基準量で無次元化し圧力 $p=(\tilde{p}-\tilde{p}_0)/1/2\tilde{\rho}_s\tilde{u}_s$, 速度 $u=\tilde{u}/\tilde{u}_s$, レイノルズ数 $R_e=\tilde{u}_s\tilde{l}_s/\tilde{\nu}_s$ 数であらわす。（図―1）

境界層近似を行った基礎方程式に相似パラメータ

$\eta=\sqrt{R_e/\sigma}\alpha^{-1/2}\beta$, $u=1/h_\beta=\alpha^{-1/2}f(\eta)$,

$h_\alpha=g(\eta)$, $p=2\alpha^{-1}P(\eta)$, $\varepsilon=(\sigma/2)\alpha^{1/2}$

を導入することによって下記の相似方程式がえられる。

$$[\lambda(\lambda\lambda')']'+(\eta\lambda\lambda')'-(4c\lambda\lambda')'+(\lambda^2)'+2c[\lambda'(2c-\eta)]=0 \quad \cdots\cdots(1)$$

ただし $\lambda=f\cdot g$

境界条件は

$$\left.\begin{aligned}&\eta=0 \text{ で } \lambda=1,\\&\eta=\eta_1<0 \text{ で } \lambda=0,\\&\eta=\eta_{11}>0 \text{ で } \lambda=0.\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(2)$$

乱流ジェットの主要変数は λ によって下記のように表現される。

$$g/g_0=\exp\left[c\int_0^\eta d\eta/\lambda\right], \quad \cdots\cdots(3)$$

$$u/u_0=(\lambda/\lambda_0)\exp\left[-c\int_0^\eta d\eta/\lambda\right], \quad \cdots\cdots(4)$$

$$P-P_0=c\int_0^\eta(\lambda/g_0^2)\exp\left[-2c\int_0^\eta d\eta/\lambda\right]d\eta, \quad \cdots\cdots(5)$$

$$(n/s)\left(\frac{R_e}{\sigma}\right)^{1/2}=\int_0^\eta(1/\lambda)\exp\left[c\int_0^\eta d\eta/\lambda\right]d\eta. \quad \cdots\cdots(6)$$

2.5 計算の手順

境界条件(2)を満足する(1)の解を求めるために，$\eta=0$

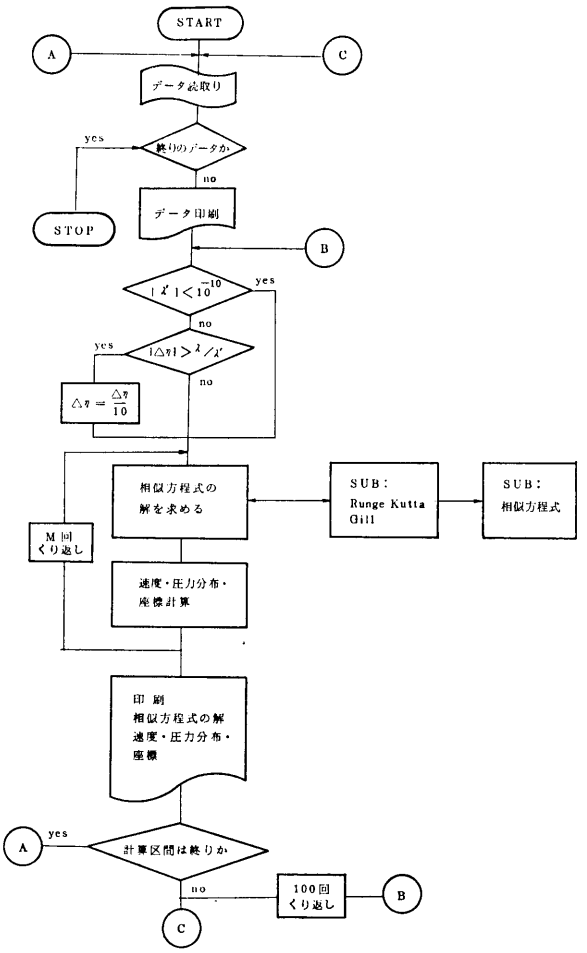

START
A
C
データ読取り
yes
終りのデータか
no
STOP
データ印刷
B
yes
no
yes
no
M 回
くり返し
相似方程式の
解を求める
SUB:
Runge Kutta
Gill
SUB:
相似方程式
速度・圧力分布・
座標計算
印 刷
相似方程式の解
速度・圧力分布・
座標
A
yes
計算区間は終りか
no
100回
くり返し
B
C

図-2

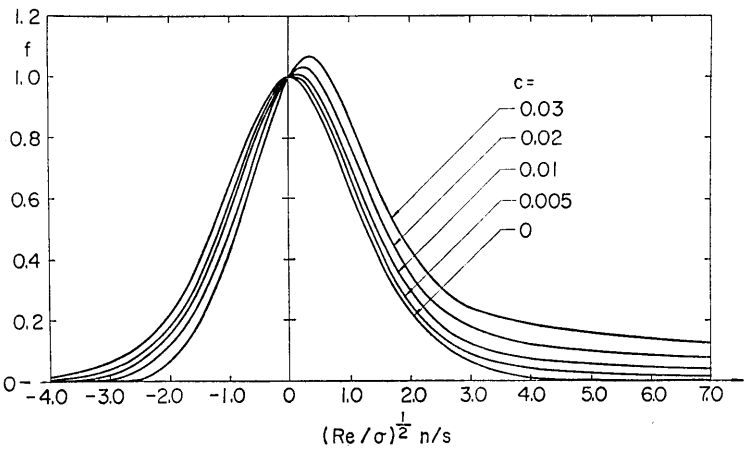

1.2
f
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-4.0
-3.0
-2.0
-1.0
0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
(Re/σ)^1/2 η/s
c=
0.03
0.02
0.01
0.005
0

図-3

における初期値　$\lambda_0=1$, $(\lambda')_{\eta=0}$, $(\lambda'')_{\eta=0}$　を与えて Runge Kutta 法によって解を求め $\lambda=0$ 附近の特性から適切な初期値を判断する。

計算のフローチャートを図—2に示す。

2.6　計算機種および制限事項

このプログラムは最初 FACOM 270—20/30 用に作成したものを途中で TOSBAC—5600 用に移行した。使用メモリー数は約11kWである。

3.　プログラムの応用

本プログラムは静止大気中に吹出された湾曲ジェット流れの相似構造を理論的に求めたものであるので，むしろ自己完結的なものであるが，流線座標からカーテシアン座標への変換のプログラムを附加することによって本プログラムをサブプログラムとして含む工学的応用プログラムを開発することが可能であろう。

また(2)の境界条件を変えて(1)の基礎式を解くことによって一様流中に吹出された湾曲ジェットの相似解を求めることも可能であると思われる。

図—3に計算結果の一例を示す。

4.　あとがき

乱流湾曲ジェットの相似速度分布と圧力分布に及ぼす湾曲の影響が明らかにされた。速度分布の幅は湾曲ジェットの凹側で狭く凸側で拡大される，湾曲ジェットにおいてはジェットの中心線と零流線は一致しない。

12.　クランク軸焼ばめ温度解析プログラム

機関開発部　塚田悠治・町田明正

1.　プログラムの目的および概要

大型舶用ディーゼル機関用クランク軸は，焼ばめによって組立てられている。本プログラムは，焼ばめ作業中に，クランク軸に生ずる熱応力の解析に必要な，温度分布を計算するために作成されたものである。熱伝導解析は，有限要素法（Finite Element Method）によっている。境界条件の与え方には特にくふうがなされており，形状，大きさ，材料，初期温度，焼ばめ代などを，任意に与えて計算できることが，特長である。

このプログラムは，焼ばめ開始直後の，温度変化の激しい時期の解析に用いられる。それ以後の解析には，特別なプログラムは必要なく，一般の有限要素法温度解析プログラムで十分である。なお，当初，小型計算機用に作成されたので，多小能率の悪い部分がある。データとして読込むべき定数を，プログラム中に組込んである部分もあるので，大きさの異なるクランク軸の解析の場合は注意を要する。

2.　プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

クランク焼ばめ温度解析プログラム

SECTIONAL CRANKSHAFT

2.2　製作者

機関開発部　塚田悠治，町田明正

2.3　製作年月

昭和50年9月

2.4　計算の概要

クランク軸の初期温度分布が与えられると，熱膨脹量にもとづき，焼ばめ面のすき間または接触圧が計算される。焼ばめ面の熱抵抗値は，すき間または接触圧から計算される。このようにして求められた境界条件により，ＦＥＭ熱伝導解析が行われ，微小時間経過後の温度分布が計算される。同様の手順の繰返しで，計算は進行する。

指定されたステップ毎に，時刻と節点温度を印刷する。

2.5　計算の手順

概略フローチャートを図—1に示す。

2.6　計算機種および制限事項

本来，共用計算機 FACOM 270—20 用に作成されたが，計算センターの TOSBAC—5600 用に変換済。使用メモリー数は約45kW。磁気ディスク，磁気テープ使用。入力データはカード，出力はラインプリンタ。計算を途中で打切り，継続計算用のデータを出力する

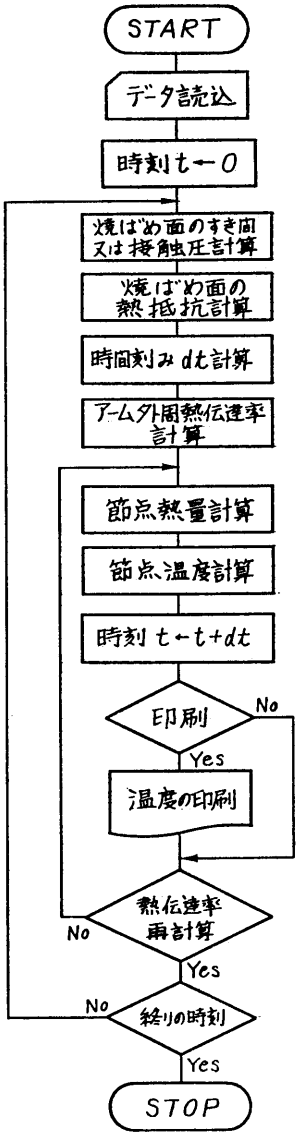


図-1

ことも可能である。

3. プログラムの応用

3.1 使用法

通常の三角形要素の FEM に必要なデータのほかに，材料の線膨脹係数，焼ばめ代などの，焼ばめ部の状態を与えるためのデータが必要である。当初の計算例と異なる大きさのクランク軸を対象とする場合は，

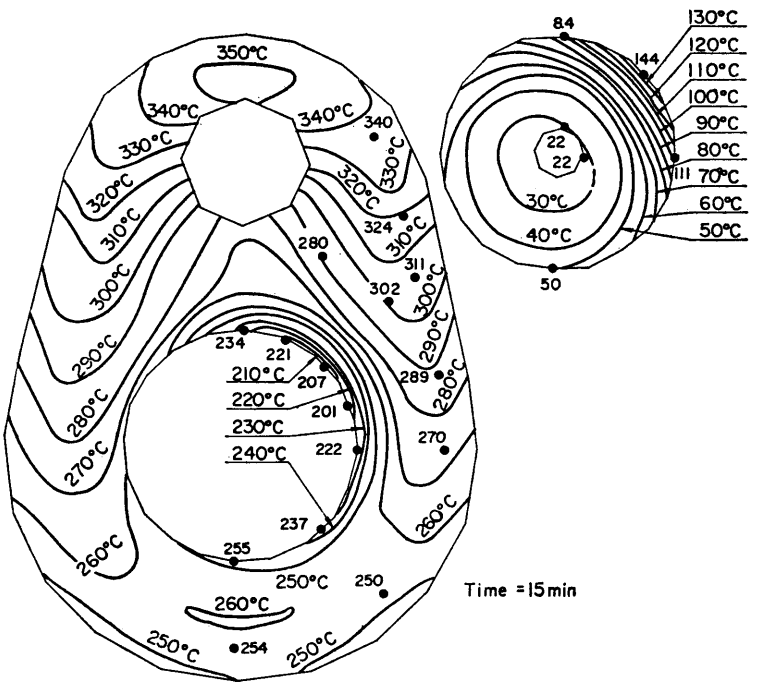


図-2

プログラムに若干の修正が必要である。

3.2 使用例

大型低速ディーゼル機関用クランク軸の，計算結果の例を，図—2に示す。図中に記入した実測値と，かなりよく一致している。温度変化の激しい時期には，若干，精度の不十分なところもあった。

4. あとがき

当初，特定のクランク軸を対象に，プログラムを作成したため，汎用性に欠ける面があり，汎用プログラムとして，十分に完成されたものとは言い難い。今後，必要に応じて修正を行って行きたい。

参考文献

1) 藤田ほか，大出力機関の組立形クランク軸実用化の確立のための調査研究報告書(第1報)，(昭50) 日本舶用工業会
2) 伝熱工学資料，(昭41)，日本機械学会
3) 塚田，町田，舶用機関学会誌，12—1(昭52.1)，p. 55～60

13. 欠損翼列構成翼の翼面静圧分布および熱伝達率分布を計算するプログラム

機関開発部　菅　　進

1. プログラムの目的および概要

冷却ガスタービンの一部の翼が何らかの原因で翼根部から破損，欠落した場合，残された翼は正常時と異なった流れの場にさらされる。このとき翼が受ける空気力および翼面熱伝達率分布を本プログラムにより計算する。

2. プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

欠損タービン翼列流れの計算プログラム

2.2　製作者

機関開発部　菅　　進

2.3　製作年月

昭和51年4月

2.4　計算の概要

流れは二次元，非圧縮性流れと仮定する。熱伝達率は主流乱れに強く影響される。本プログラムは実機条件下での結果を得ることを目的として主流乱れは高いと仮定した。

計算に必要な入力は，翼形座標，スタッガ角，節弦比，流入角，流出角，レイノルズ数，プラントル数など正常な翼列流れ計算に必要なデータおよび欠損翼数と翼欠損によって生じる残された翼の循環量の変化割合など翼欠損に関係するデータからなる。流出角および翼欠損によって生じる他の翼の循環量の変化の割合は他の計算プログラムを用いて計算する。

計算結果として次を出力する。(イ)，正常翼列翼および欠損翼列の欠損部をはさむ前後各3枚の翼の翼面静圧分布および空気力　(ロ)，指定した位置にある翼の翼面熱伝達率分布，静圧分布，翼面速度分布，翼凹面，凸面および全面の熱伝達率積分値。

翼面速度分布の計算には，翼面上に循環密度を分布させて二次元ポテンシャル流れを求める特異点法を用いた。翼面速度分布から速度境界層計算を行い，次いで熱伝達率分布を求める。乱流境界層計算は凹面と凸面とで異なった方法を用い，凸面は更に二種の方法で計算するが，その一方だけを出力する。層流境界層から乱流境界層への遷移点および乱流境界層初期値は，使用者が入力として特に数値を与えない場合は，高乱れを仮定して計算する。以上の計算法については別に報告した[1),2)]。

2.5　計算の手順

計算の概略の流れを図—1に示す。

2.6　計算機種および制限事項

本プログラムは計算センターの TOSBAC—5600 用として作成した。使用メモリーは30KW以下である。

3. プログラムの応用

3.1　標準的使用法による使用範囲と精度

翼形，翼列寸法と流入条件だけから，正常翼列および欠損翼が3枚までの欠損翼列流れの計算を行い，翼に働く空気力および熱伝達率分布を計算する。死水域が後縁に達するような大きな剝離が翼凸面に生じない限り，計算結果は，高乱れの条件での実験結果とよく一致する。上記の剝離発生の有無は出力される。使用法の詳細は計算センターのマニュアルに示す。

3.2　その他の使用法

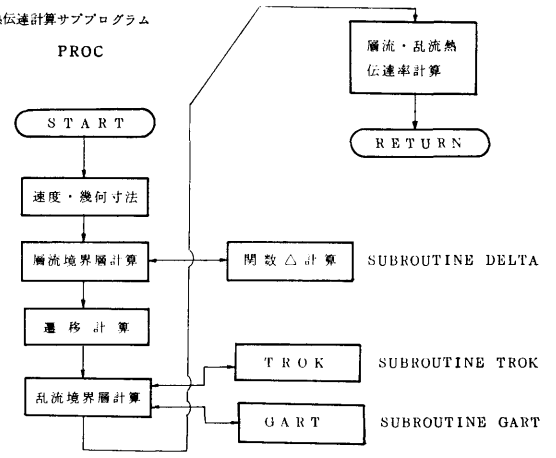


図-2

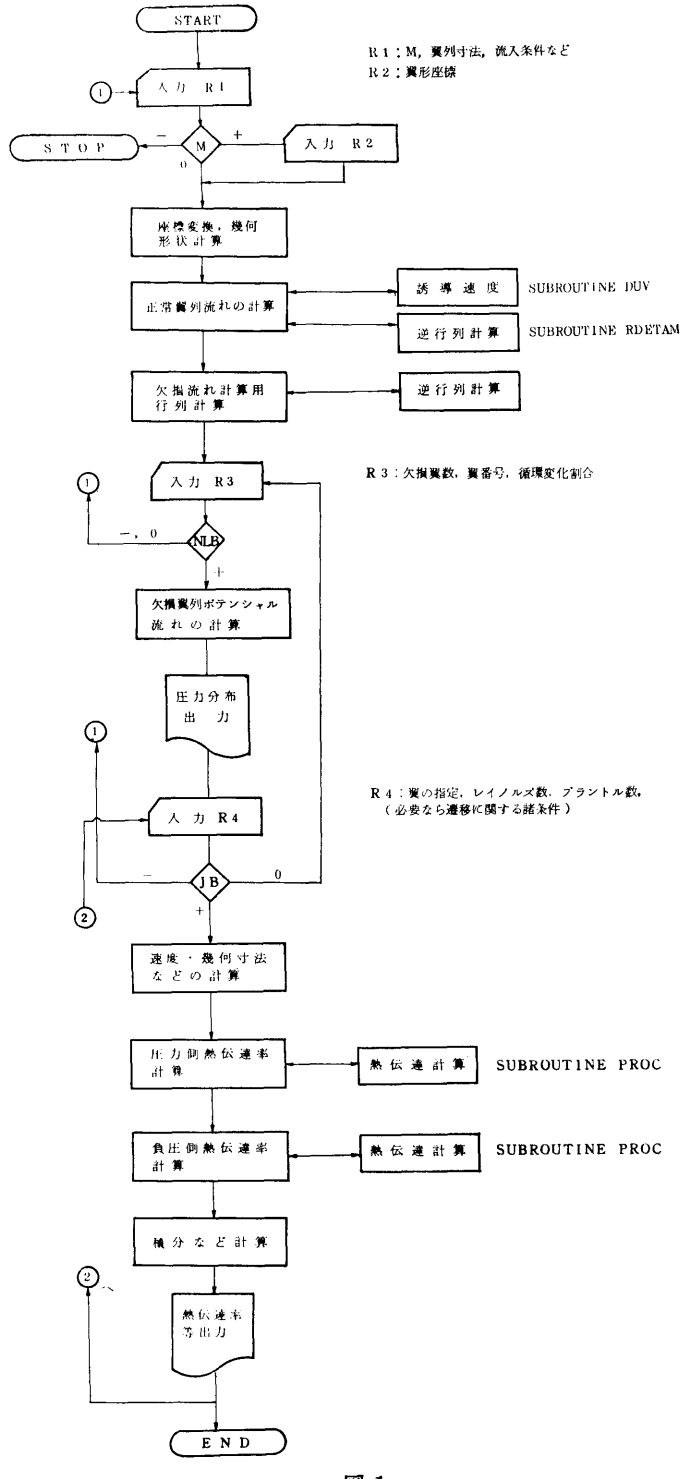

START
R 1 : M, 翼列寸法, 流入条件など
R 2 : 翼形座標
入力 R 1
M
STOP
入力 R 2
座標変換, 幾何形状計算
正常翼列流れの計算
誘導速度
SUBROUTINE DUV
逆行列計算
SUBROUTINE RDETAM
欠損流れ計算用行列計算
逆行列計算
入力 R 3
R 3 : 欠損翼数, 翼番号, 循環変化割合
NLB
欠損翼列ポテンシャル流れの計算
圧力分布出力
入力 R 4
R 4 : 翼の指定, レイノルズ数, プラントル数,
(必要なら遷移に関する諸条件)
JB
速度・幾何寸法などの計算
圧力側熱伝達率計算
熱伝達計算
SUBROUTINE PROC
負圧側熱伝達率計算
熱伝達計算
SUBROUTINE PROC
積分など計算
熱伝達率等出力
END

図-1

境界層の遷移条件は入力データを与えるか，プログラムのわずかな変更により容易に変えることができる。プログラムは三種の乱流計算サブプログラムをもっているので，標準出力以外の計算値を出力させることは容易である。低乱れ下の計算を行う場合には遷移条件および熱伝達率計算の係数を変更する必要がある。

4. あとがき

本プログラムは，先に作成した正常な翼列ポテンシャル流れ計算プログラムを欠損翼列流れが計算できるよう改造したうえで，熱伝達率計算法を検討するために作成した各種の計算法を含む熱伝達率計算プログラムを結合させたものである。このため，3.2に示したようにわずかな変更で標準以外の計算を行うことができる反面，標準的な計算を行うだけなら不要な部分や精選されていない部分の多くあることをお詫びしたうえで，本プログラムを紹介する。

参考文献

1) 第27回船研講演会講演集（1976）p.17～20
2) 1977 Tokyo Joint Gas Turbine Congress Paper No. 25, 1977.5

14. 船内騒音の現状把握のためのプログラム

艤装部　小　黒　英　男

1. プログラムの目的および概要

本プログラムは，昭和48～49年度に新造船の公試運転時に測定された船内騒音データから，船内騒音の現状を統計的に把握する目的で作成したものである。騒音計測データは，一連のコード番号に続く1オクターブバンドレベルでシーケンシアルに磁気テープに収録されており，全データ数はディーゼル船69隻，タービン船24隻分の計3,548計測点数分となっている。

解析は，主機別，トン数，主機出力等任意の制限を与えて行うことができ，必要に応じて結果の作図も行える。

2. プログラムの内容

2.1　プログラムの名称

船内騒音の現状把握用プログラム

2.2　製作者

艤装部　小黒英男

2.3　製作年月

昭和50年4～7月

2.4　計算の概要

制限範囲内の船舶の騒音データから，各甲板毎または全甲板の船内通路，各室種別毎，暴露部通路の総合音圧レベル（Over All level）と1オクターブバンド音圧レベル（Band level）の平均値，標準偏差，一

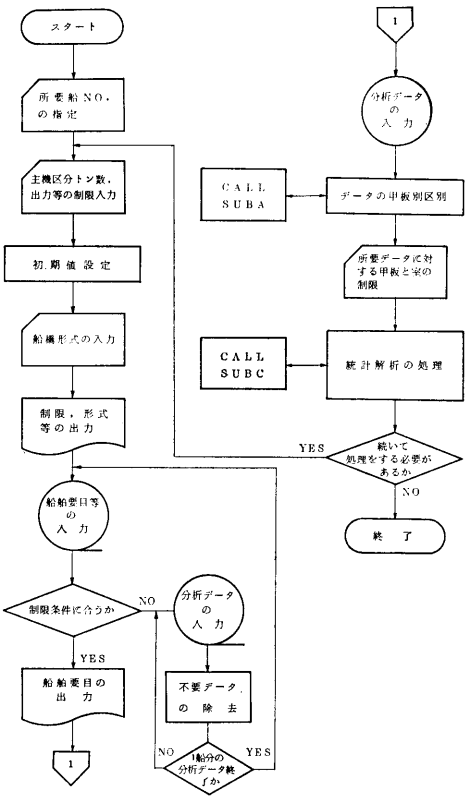


図-1-1

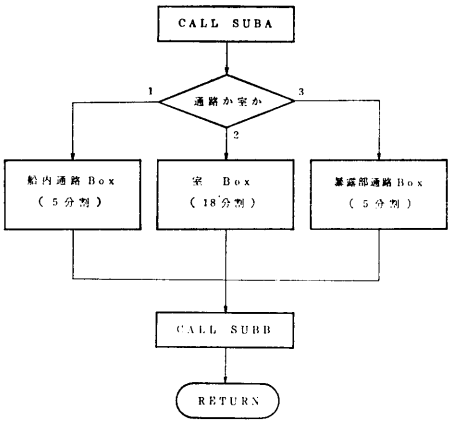


図-1-2

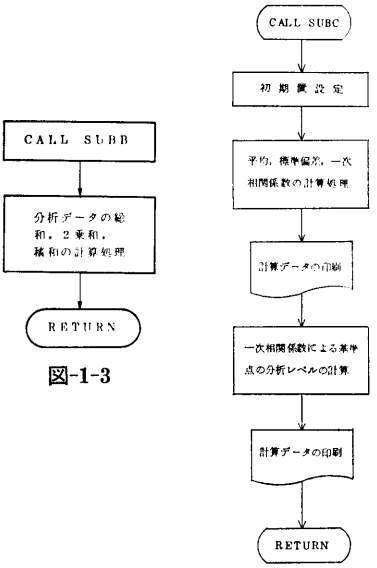


図-1-3　図-1-4

次回帰係数，頻度分布，累積度数を計算し出力する。また，頻度分布曲線と累積度数曲線を1頁に9個のグラフとして作図する。

2.5　計算の手順

メーンプログラムとサブプログラムの流れ図を1—1～4と2—1～5に示す。

2.6　計算機種および制限事項

このプログラムは計算センターの TOSBAC—5600 用に製作したもので，FORTRAN で書かれている。使用メモリー数は，解析計算用の1—1～4のプログラムで約30kW，作図用の2—1～5で最大75kWで，磁気テープコード No. は8である。

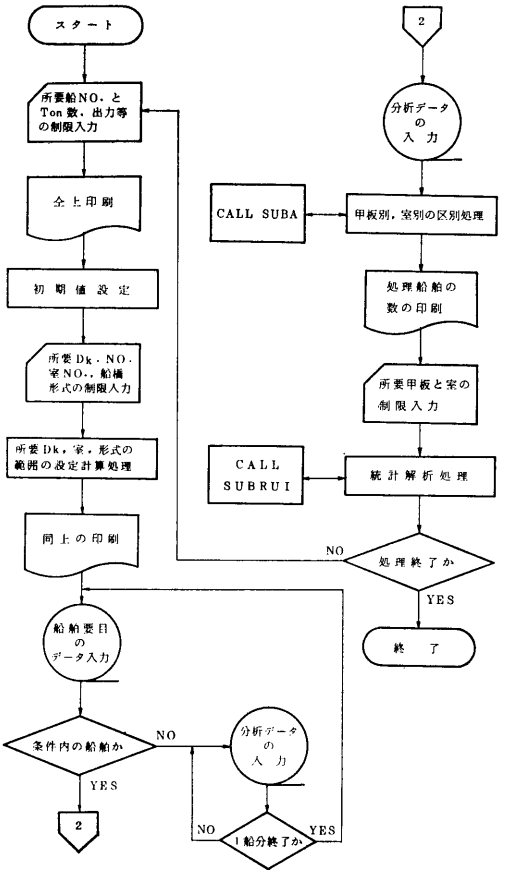


図-2-1

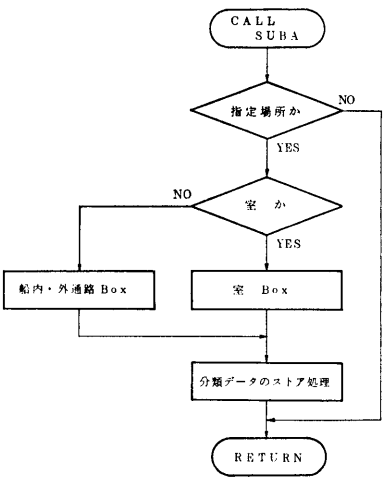


図-2-2

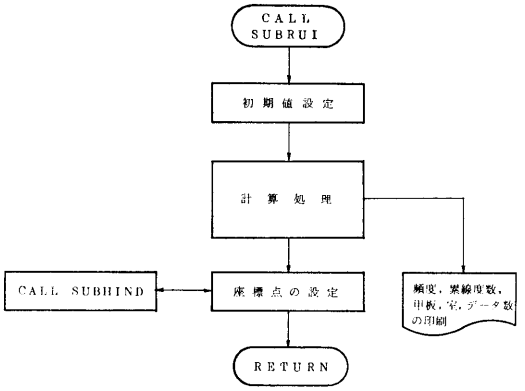


図-2-3

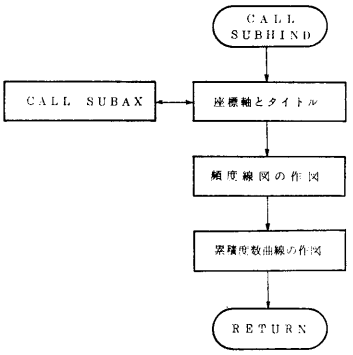


図-2-4

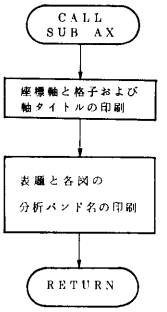


図-2-5

3. プログラムの応用

作図用のサブプログラム2―4および5は，CALL SUB HIND と CALL SUBAX で呼び出し，1頁に総合音圧レベルに関する作図と，63～8,000Hzの8バンドの音圧レベルに関する作図を行うことができる。

4. あとがき

データは，主機関中央付近のフレーム No. を0とし，船首方向を正，船尾方向を負の数で表わして整理してあるので，同一甲板の船内通路の騒音分布とか，騒音の1フレーム当りの減衰率等の検討も可能である。これらの計算用プログラムと作図用プログラムも作成済であるから必要があれば申込んで頂きたい。

15. NaI シンチレーター応答関数を求める計算コード

原子力船部　中　田　正　也

1. プログラムの目的および概要

ガンマ線検出に用いられる NaI シンチレータの応答関数行列を作製する計算コードである。

計算は光子1個づつ投入して生起する現象毎に乱数選定して追跡するいわゆるモンテカルロ法による。シンチレータの形状は円柱形に限り寸法は任意に選べる。ガンマ線光子エネルギーは最高 10MeV まで，組分け（ビン）は100区分まで，投入方向は円柱軸に平行に端面から平均分布および中心集中の2種類を選択できる。他の投入条件にはサブルーチンの挿換えが必要である。

一度に行列全部を計算するには時間がかかるので，分割作業とし，数行分ずつ計算する。ここまでは一般の機種にかけられるよう作ったMC33コードであり，GCOSシステムの許ではその出力をパーマネントファイルに蓄積して行くようプログラムが追加されている。これがMC33（改）である。

2. プログラムの内容

2.1　プログラムの名称　　MC33
　　MC33（改）

2.2　製作者
原子力船部　中田正也

2.3 製作年月

昭和50年2月

2.4 計算の概要

ガンマ線について生起する現象の確率はすべてGrodstein の断面積表および McGinnies の補遺の表[1] による。エネルギーの対数で表の補間から求める。電子対の生成，光電効果，コンプトン散乱を扱い，発生した電子について制動放射，陽電子消滅を扱う。光電効果電子の飛行方向は biparation 角の表を作り，確率曲線上乱数位置決定をして決め，コンプトン散乱は Kahn の確率分割法[2]で散乱光子方向を決める。制動放射は Zerby & Moran の計算結果を50分割数表と曲線平行移動法と組合わせて，光子発生個数とそのエネルギーを決める。このように多数の数表内挿法によって計算時間の短縮を計ったのがこのプログラムの特徴でもある。

2.5 計算の手順

ヒストリの開始に当って1粒子に1枚のカードが発行され，エネルギー，光子陰陽電子の区別，現在位置，飛行方向が記入され光子存在ボックスに投入される。以下粒子の発生毎にカードが発行されボックスに投入される。最初の1枚はすぐ取出され次の衝突現象が乱数決定され，電子光子共に上記諸性質が乱数決定されてカードが発行されボックスに投入される。プログラムは元に戻り，電子存在ボックスを探りカードを1枚取出しては制動放射の光子を決めた後次の現象を決定する。電子のボックスが空になれば光子のボックスを探りこれにつき次の衝突現象の決定にかかる。

光子カードは次の現象が結晶体外である時捨てられる。電子カードは次の現象（停止）が結晶体内であればその距離に応じて吸収されるエネルギーが記録に加算され，停止点が結晶体外であれば，体内の距離を算出しエネルギーに換算して加算する。更にそれが陽電子であれば，0.518 EMeV の光子2個のカードが発行されて，元の電子カードは捨てられる。

以上を繰返し，両ボックスにカードが無くなれば1ヒストリーは終了する。これを定めたヒストリ回数だけ繰返し記録には結晶体内で電子のイオン化作用として吸収されたエネルギー量が残る。記録は各ヒストリが残したエネルギーをビンで区切ったスペクトルとして残っている。このスペクトルが応答関数行列の1行に相当する。入力データカードで指定した行だけ計算して，それぞれの行のスペクトルを出力する。MC33（改）ではこれを指定したパーマネントファイルにも記録して行く。

2.6 計算機種および制限事項

JIS7000 FORTRAN で作ってあるので一般の機種にかかる。MC33（改）は GCOS システムに限られる。

ソースプログラム	540行（サブルーチン共）
インプットカード	2枚
必要周辺機器	カードリーダ，ラインプリンタ（MC33（改）にあってはパーマネントファイル）
必要メモリ	GCOS にあって16kW
計算速度	TOSBAC 5600/120 で 10 万ヒストリ約10分

3. あとがき

応答関数行列を求めるノーハウとして，作製報告はあってもプログラムの入手が不可能であったので研究上の必要から自身作製したものである。

生産された応答関数行列は研究の対象としては公開しているが，その使用，改修，複製については製作者のもつ権利を留保している。プログラムについても当分使用，改修，複製等について権利を留保する。御相談ありたい。

参考文献

1) X-ray Attenuation Coefficients From 10 kev to 100 Mev G. W Grodstein, NBS Circular 583 (1957)
R. T. McGinnies, Supplements to NBS Circular 583 (1959)
2) Applications of Monte Carlo
H. Kahn, USAEC Report R-1237 (1954)